

Tova Finel

**PITKÄIKÄINEN PUUJULKISIVU**  
OSANA KESTÄVÄÄ JA EKOLOGISTA  
RAKENTAMISTA

Kandidaatintyö  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Tarkastaja: Markku Karjalainen  
Huhtikuu 2021

# TIIVISTELMÄ

Tova Finel: Pitkäikäinen puujulkisivu osana kestävää ja ekologista rakentamista (Long-term durability of wooden facades as a part of sustainable and ecological construction)

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Arkkitehtuurin TkK-tutkinto-ohjelma

Huhtikuu 2021

---

Ilmastonmuutos on maailmanlaajuinen kriisi, joka kuormittaa ympäristöä ja koko ihmiskuntaa. Rakennetun ympäristön päästöt kattavat yli puolet Suomen hiilidioksidipäästöistä. Kestävä rakentaminen on ratkaisevassa asemassa ilmastonmuutoksen hillinnässä. Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen ja elinkaaren pidentäminen ovat kustannustehokkaimmat keinot rakennetun ympäristön päästöjen alentamiseksi. Puun käytön lisääminen alentaa rakentamisen hiilijalanjälkeä, minkä takia hallitus pyrkii edistämään puurakentamista osana Suomen biotalousstrategiaa. Puun sitoma hiili säilyy pitkään rakenteissa hiilivarastona.

Tässä työssä tutkitaan puurakenteisen julkisivun pitkäaikaiskestävyyttä. Työn taustoitukseksi käsitellään kestävä rakentamisen teemoja sekä rakennusteollisuuden ympäristövaikutuksia. Lisäksi tutkitaan puurakenteisten julkisivujen yleisimpiä ongelmakohtia. Taustoituksen jälkeen perehdytään yksityiskohtaisemmin puun ominaisuuksiin sekä käyttäytymiseen eri olosuhteissa. Työssä tutkitaan puisen julkisivun suunnitteluohjeita ja kestävyyttä parantavia tekijöitä. Tutkimuksen tavoitteena on eritellä puujulkisivun pitkäaikaiskestävyyden kannalta oleelliset suunnitteluratkaisut ja toimet.

Tutkimuksessa ilmenee, että puun käyttö julkisivumateriaalina edellyttää sen ominaisuuksien tuntemista sekä puurakentamisen perussääntöjen noudattamista. Ohjeiden laiminlyöminen aiheuttaa puutteita julkisivun toiminnassa, mikä puolestaan vaurioittaa verhousta sekä koko seinärakennetta. Keskeistä on suojata rakennetta kosteudelta ja ennaltaehkäistä mahdollisia vaurioita. Julkisivun kunnon ylläpitäminen ja huoltaminen on ehdoton edellytys pitkäikäisyyden toteutumiseksi. Oikein toteutettu ja ylläpidetty julkisivu säilyy pitkään ja pienentää koko rakennuksen elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä.

Avainsanat: Puurakentaminen, puujulkisivu, kestävyys, elinkaari, ilmastonmuutos

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO.....	1
2. PUURAKENTAMISEN KESTÄVYYS.....	3
2.1 Kestävä rakentaminen.....	3
2.2 Puurakentamisen ohjelma.....	5
2.3 Ongelmat puujulkisivujen kestävydessä.....	6
3. PUUN OMINAISUUDET.....	7
3.1 Laatu ja lajike.....	8
3.2 Lujuus.....	9
3.3 Kosteus.....	10
3.4 Palotekniset ominaisuudet.....	11
3.5 Puun modifiointi.....	13
4. SUUNNITTELURATKAISUT.....	14
4.1 Laudan paksuus ja kiinnitys.....	14
4.2 Rakenteellinen suojaus.....	15
4.3 Detaljit.....	16
5. YLLÄPITO.....	20
5.1 Tarkastus, huolto ja korjaus.....	20
5.2 Maalaus ja pintakäsittely.....	21
6. YHTEENVETO.....	23
LÄHTEET.....	26
KUVALÄHTEET.....	28

# 1. JOHDANTO

Rakennuksen julkisivulla on sekä aktiivinen että passiivinen tehtävä. Toiminnallinen tehtävä on erottaa sisätilat ulkoilmasta ja suojata niitä sään vaikutukselta. Suomen ilmastossa se merkitsee suojaa sateelta, lumelta, tuulelta sekä kylmyydeltä. Passiivinen tehtävä on toimia rakennukselle luonteen antavana ulkokuorena, joka kertoo sen sisällöstä, merkityksestä ja käyttötarkoituksesta. Julkisivu on rakennuksen näkyvin osa, joka muodostaa talon seinien lisäksi myös ympäröivän ulkotilan, pihapiirin sekä katutilan. Se kertoo rakennuksen syntyajan tai viimeisen muutosvaiheen rakentamistavoista, materiaaleista sekä arkkitehtuurikäsitteistä. (Suonto 1997, s. 7–8.)

Puurakentaminen on ollut vallitseva rakennustapa Suomessa aina 1950-luvulle saakka. Suomi sijaitsee pohjoisella havumetsävyöhykkeellä, joka on olosuhteidensa puolesta parhaita puun kasvualueita maailmassa. Puut kasvavat kesäkauden aikana, jota kestää Suomessa vain 100 päivää. Lyhyt kasvuaika merkitsee hidasta kasvua, joka puolestaan vaikuttaa myönteisesti puuaineksen laatuun. Kasvu on symmetristä: rungot ovat suorita ja pyöreitä sekä puuainekes suorakuituista. Puu on lujaa ja kevyttä, mikä on ihanteellista rakennusmateriaalina hyödyntämisen kannalta. (Puuinfo 2020i.) Puu on ominaisuuksiensa puolesta hyvä ja edullinen rakennusmateriaali, minkä lisäksi sitä on runsaasti saatavilla. Tässä työssä keskityn puurakenteisten julkisivujen pitkäaikaiskestävyyteen sekä sitä edistäviin suunnitteluratkaisuihin ja toimiin.

Puurakentaminen ei siis ole uusi ilmiö, vaikka se on viime vuosina ollut paljon esillä sekä Suomessa että kansainvälisesti. Yksi tähän vaikuttava seikka on ekologisten arvojen merkityksen nousu, minkä suhteen puu on erinomainen materiaalivalinta. Sen käyttö alentaa rakentamisen hiilijalanjälkeä huomioiden rakennuksen koko elinkaaren. Valtion tasolla puurakentamista pyritään edistämään osana Suomen biotalousstrategiaa. Sen tavoitteena on kasvattaa hiilen pitkäaikaisia varastoja. (Työ- ja elinkeinoministeriö b.) Vanhimmat varmasti tunnetut lautaverhoilut ovat peräisin 1600-luvulta, mutta pohjoismaisen puurakentamisen taidon oletetaan periytyvän kivikaudelta (Soikkeli 1999, s. 7). Aiemmin puun käyttö on ollut kansantaitoa, joka on kuitenkin osittain hiipunut teollisen rakennustuotannon myötä. Vallitsevan käsityksen mukaan puu on huonosti kestävä ja runsaasti huoltoa vaativa julkisivumateriaali. Puujulkisivujen ohjeellisena ikänä pidetään

nykyään vain noin 50:tä vuotta, mikä on varsin vähän tarkasteltaessa esimerkiksi 1800-luvulta moitteettomassa kunnossa säilyneitä verhouslautoja. (Karjalainen & Koiso-Kanttila 2002, s. 68.) Tämä on myös ristiriidassa puun ekologisuuden ja kestävyiden kannalta – voiko suositukseltaan niin lyhytikäistä julkisivua pitää kilpailukykyisenä vaihtoehtoisten materiaalien kanssa?

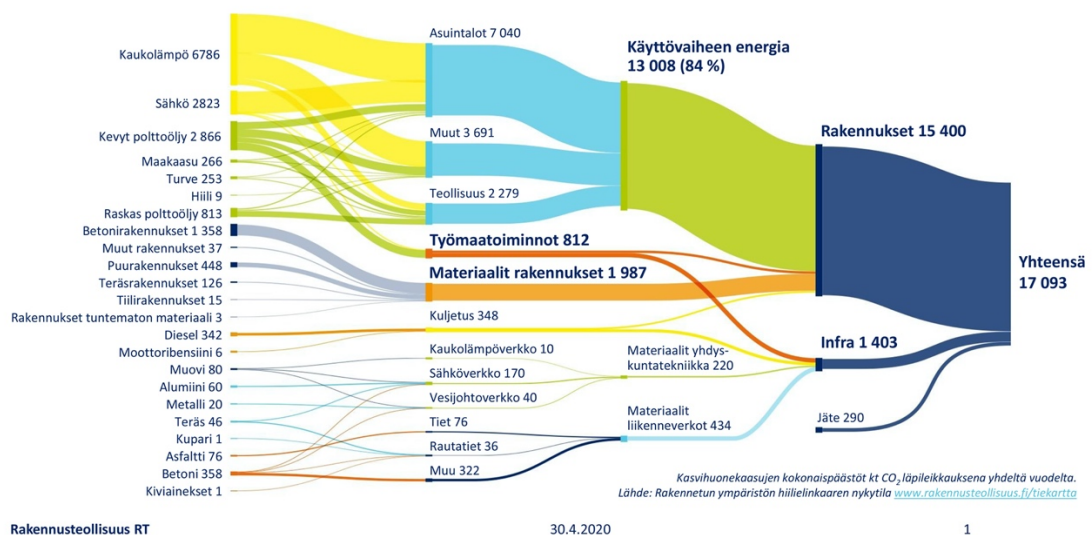
Tutkimukseni tavoitteena on selvittää, mitkä keinot edistävät puurakenteisten julkisivujen pitkäaikaiskestävyyttä ja pidentävät siten koko rakennuksen elinkaarta. Toisessa luvussa pohjustan tutkimuksen taustaa ja käsittelen kestävä kehityksen teemoja puurakentamisen näkökulmasta. Tuon esille kansalliset ilmastotavoitteet ja puurakentamisen ohjelman, jotka ohjaavat suunnittelua. Tarkastelen myös puujulkisivujen yleisiä ongelmakohtia. Kolmas luku keskittyy puun ominaisuuksiin ja sen käyttäytymiseen eri olosuhteissa. Puujulkisivun pitkäaikaiskestävyyden kannalta oleellisiin suunnitteluratkaisuihin syvennyn tarkemmin neljännessä luvussa. Viides luku käsittelee julkisivun ylläpitoon vaadittavia toimia. Työn viimeinen luku on yhteenveto, jossa kokoan tutkimuksen johtopäätöksiä ja puisen ulkoverhouksen pitkäaikaiskestävyyttä edesauttavia seikkoja.

## 2. PUURAKENTAMISEN KESTÄVYYS

### 2.1 Kestävä rakentaminen

Rakennetun ympäristön kestävä kehittäminen on ratkaisevassa asemassa ilmastonmuutoksen hillinnässä. Kestävä rakentaminen huomioi ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset näkökulmat. Tavoitteena on tuottaa mahdollisimman vähähiilisiä, pitkäikäisiä sekä energiatehokkaita rakennuksia ja rakenteita. Kestävät rakennukset ovat viihtyisiä, turvallisia, muuntojoustavia sekä arvonsa säilyttäviä. (Rakennusteollisuus a; Rakennusteollisuus b.) Ihmiskunnan aiheuttama ilmastonmuutos aiheutuu lähinnä kasvihuonekaasujen, erityisesti hiilidioksidin määrän lisääntymisestä ilmakehässä. Tärkeimpiä keinoja ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ovat hiilipäästöjen vähentäminen, energian säästö ja energiatehokkuuden lisääminen (Suomen Ympäristökeskus). Suomen energiankulutuksesta rakennetun ympäristön osuus liikenne mukaan lukien on 60% ja hiilidioksidipäästöistä 55% (Rakennusteollisuus b). Tämän takia rakennusteollisuuden päästöjen vähentämiseen kohdistuu kova paine. Kaaviossa 1 on eritelty rakennetun ympäristön hiilijalanjäljen jakautumista rakennusteollisuuden eri osa-alueisiin.

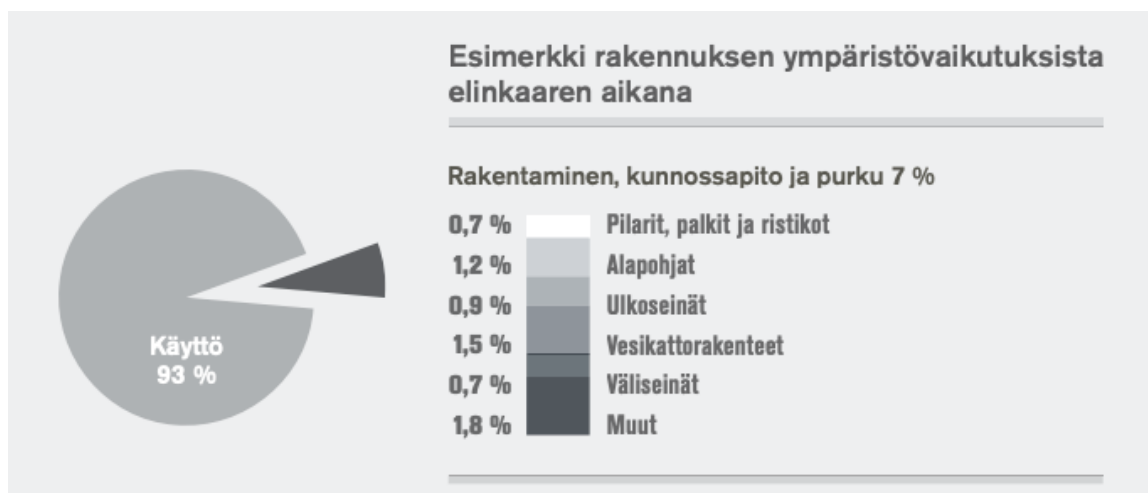
Kaavio 1. Rakennetun ympäristön hiilijalanjäljen nykytila



Rakentamisen hiilijalanjälkeä tarkastellaan rakennuksen koko elinkaaren ajalta materiaalien valmistuksesta rakentamiseen, käyttöön ja kierrätykseen. Kaavio 2 havainnollistaa rakennuksen ympäristövaikutusten jakautumista elinkaaren eri vaiheisiin. Valtaosa

rakennetun ympäristön päästöistä syntyy kiinteistöjen käytön aikaisesta energiankulutuksesta: rakennuksia lämmitetään, jäähdytetään ja niissä kuluu sähköä. Suunnitteluvaiheessa tehdään kuitenkin merkittävimmät päätökset rakennuksen elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista. Hyvällä suunnittelulla voidaan ennaltaehkäistä myöhempiä ongelmia sekä tunnistaa ja minimoida lämpö- ja kosteustekniset riskit. On tärkeää osata yhdistää kestävä ja toimivat materiaalit sekä hallittava rakennusfysiikka, jotta saavutetaan energiatehokas ja pitkäikäinen kokonaisuus. Materiaalien valinnassa täytyy muistaa huomioida rakennuksen koko elinkaari mukaan lukien huollon tarpeet sekä käytön aikainen energiankulutus. Vaikka materiaalien valinta sekä niiden ominaisuuksien tunteminen ovat keskeisiä rakennusten pitkäaikaiskestävyyden kannalta, tulee rakennuksen ympäristövaikutuksia tarkastella aina kokonaisuutena, eikä yksittäisiin rakennustuotteisiin keskittyen. (Rakennusteollisuus b; Saarni 1997 s. 55–58.)

Kaavio 2. *Rakennuksen ympäristövaikutukset elinkaaren aikana. Lähde: Rakennusteollisuus A. Kestävä rakentaminen torjuu ilmastonmuutosta. ([https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/rt\\_ymparisto\\_esite\\_261010.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/rt_ymparisto_esite_261010.pdf))*



Energiatehokkuuden parantaminen on kustannustehokkain keino hillitä ilmastonmuutosta. Rakennuksen käyttöaikaisiin kustannuksiin lukeutuu energia- ja huoltokustannukset, korjauskustannukset sekä mahdollinen purkukustannus. Energiakustannuksiin vaikuttavat julkisivun lämpöhäviöt sekä lämmitysenergian hinta. Julkisivun lämmöneristävyyttä sekä kunto vaikuttavat oleellisesti lämpöhäviön määrään. Lämmöneristävyyttä parannettaessa voidaan vaikuttaa koko rakennuksen energiatalouteen ja siten säästää energiakustannuksissa. Huoltokustannuksiin vaikuttavat materiaalin kunnossapitotarve,

esimerkiksi maalausväli. Korjauskustannukset syntyvät odottamattomista vioista ja rikkoontumisista. Niitä pyritään ehkäisemään huolellisella suunnittelulla ja säännöllisellä huollolla. (Saarni 1997, s. 55–58.)

## 2.2 Puurakentamisen ohjelma

Pääministeri Marinin hallitusohjelman (2019) tavoitteena on, että Suomi on hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä sekä ensimmäinen fossiilivapaa hyvinvointiyhteiskunta. Tämä edellyttää päästövähennyksiä sekä hiilinielujen vahvistamista. Tehokas tapa alentaa rakentamisen hiilijalanjälkeä sekä edistää kansallisten ilmastotavoitteiden toteutumista on puun käytön lisääminen. Puun sitoma hiili säilyy pitkään rakenteissa ja kalusteissa hiilivarastona. (Ympäristöministeriö b.)

Puurakentamista pyritään edistämään osana Suomen biotalousstrategiaa. Sen tavoitteena on luoda uutta talouskasvua ja uusia työpaikkoja turvaten samalla luonnon ekosysteemin toimintaedellytykset. Biotalousstrategian tueksi on luotu Puurakentamisen ohjelma (2016-2022), jonka päämääränä on lisätä puun käyttöä rakentamisessa ja siten kasvattaa hiilen pitkäaikaisia varastoja. Käyttökohteita ovat kaupunkien rakentaminen, julkinen rakentaminen sekä suuret puurakenteet. Ohjelma pyrkii monipuolistamaan ja kasvattamaan puun käyttöä sekä sen jalostusarvoa. Vuoden 2019 hallitusohjelmassa asetetaan tavoitteeksi kaksinkertaistaa puun käyttö rakentamisessa hallituskauden aikana. Puurakentamisen ohjelman keinoja puun käytön edistämiseksi ovat alan osaamisen vahvistaminen, puurakentamisen säädösten ja rakennusmääräysten kehittäminen sekä faktatiedon tarjoaminen puurakentamisesta. Tavoitteena on edistää kansainvälisesti kilpailukykyistä puurakentamisen osaamista ja teollisen valmistuksen yritystoimintaa Suomessa. Teollisen puurakentamisen ratkaisut mahdollistavat myös laadun ja kustannustehokkuuden edistämisen hallittujen prosessien kautta. (Rakennusteollisuus b; Työ- ja elinkeinoministeriö a; Ympäristöministeriö b.) Maankäyttö- ja rakennuslakia ollaan parhaillaan uusimassa. Yksi keskeisimmistä lakiuudistuksen tavoitteista on edistää vähähiilistä rakentamista (Ympäristöministeriö a).

Puun käyttöä kehittämällä tuetaan metsien kestäväää ja järkevää käyttöä. Kestävä metsänhoito tarkoittaa turvattua metsän hyödyntämistä: puuta kasvaa suhteessa enemmän kuin sitä hakataan. Kestävyyttä arvioidaan useilla määrällisillä ja laadullisilla indikaattoreilla. Suomessa sovellettavat kriteerit pohjautuvat kansainvälisesti hyväksytyihin yleiseurooppalaisiin malleihin. (Puuinfo 2020a.)



## 2.3 Ongelmat puujulkisivujen kestävydessä

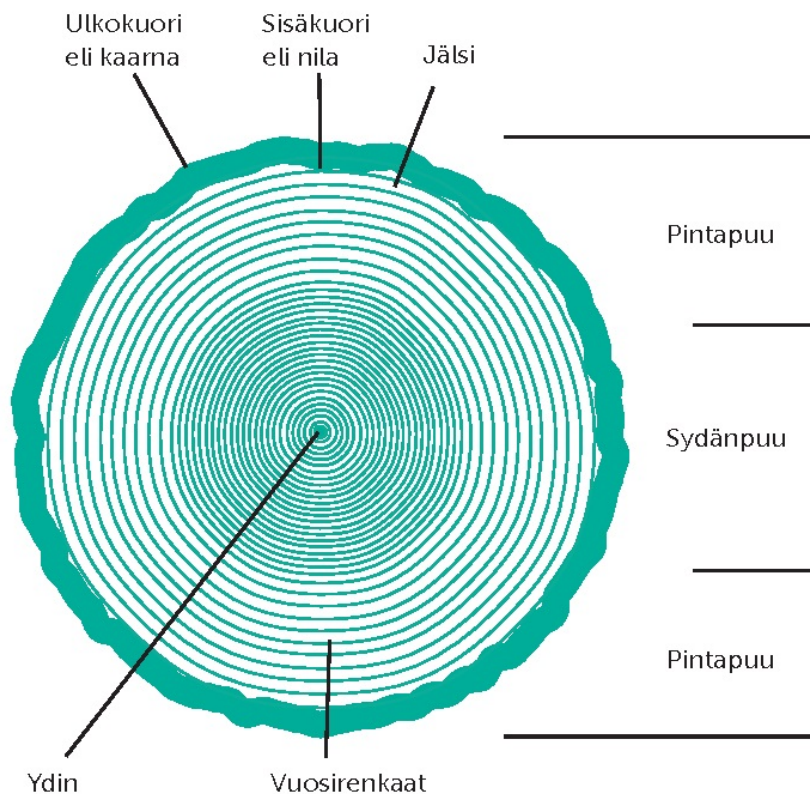
Puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyydessä ja ylläpidossa esiintyneet ongelmat ovat aiheuttaneet kielteisiä mielikuvia puusta julkisivumateriaalina. Yleisen käsityksen mukaan puinen julkisivu on huonosti kestävä ja vaatii runsaasti huoltoa. Ongelmat kuitenkin johtuvat yleensä puutteellisesta suunnittelusta ja toteutuksesta eikä puumateriaalista itsestään. Oikein tehtynä puujulkisivut voivat saavuttaa jopa yli sadan vuoden käyttöiän. Suunnitteluohjeiden tai ylläpidon laiminlyömisestä seurauksena puu kuitenkin kärsii ja julkisivu ränsistyy nopeasti. (Puuinfo 2020 b; Soikkeli 1999, s. 7.)

Ilmastolla on suuri vaikutus puujulkisivujen kestävyteen sekä lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Rakenteiden ikääntyessä tapahtuva vaurioituminen johtuu pääosin ilmastosta aiheuttamasta säärasituksesta. Vaurioitumisen syynä ovat useimmiten olleet huonot materiaalivalinnat, huonosti toimivat liitokset ja detaljit sekä materiaali- ja työvirheet. Vaurioitumisnopeus on ollut suurinta rannikkoalueilla ja Etelä-Suomessa, missä sääolosuhteet ovat materiaalien pitkäaikaiskestävyyden kannalta ankarimmat. Näillä alueilla sademäärät ovat suurempia, sade tulee useimmin vetenä tai räntänä ja lämpötilavaihteluita on enemmän. Ilmastomuutoksen myötä säärasitus tulee ennusteiden mukaan kasvamaan entisestään, kun talvisateet lisääntyvät ja muuttuvat vetisemmiksi. (Lahdensivu 2010, s. 13–14.)

Anu Soikkelin tutkimuksessa ”Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys” (Soikkeli 1999) kartoitettiin puujulkisivujen yleisimpiä vaurioita sekä pitkäaikaiskestävyyteen vaikuttavia tekijöitä kenttätutkimuksen pohjalta. Tutkimukseen sisältyvän aineiston perusteella yleisimmiksi puujulkisivujen vauriotyypeiksi voidaan luokitella maalivaurio, laho, halkeileva lauta sekä lautojen vääntyileminen irti ponteistaan. Ympäristörasitusten lisäksi puuverhousten kestävyteen vaikuttavat julkisivujen rakenne, lautatyypit sekä verhouksen detaljit ja kiinnitys. Kosteus on merkittävin vaurioita aiheuttava syy ja aiheuttaa samanaikaisesti useita erityyppisiä vaurioita. Joskus sateen aiheuttamaa kosteutta lähempi puupinnan tuhoaja voi olla myös aurinko, jonka tuoma kuumuus ja sen aiheuttama nopea kuivuminen säilöittää lautaverhouksen pintaa. (Soikkeli 1999, s. 94–97.) Pitkään jatkuneina kosteusvauriot aiheuttavat myös biologisia ongelmia, kuten home-, laho- ja hyönteisvaurioita. Tuhoisimpia biologisten vaurioiden aiheuttajia ovat lattiasienet, jotka vahingoittavat puun solukkoa. Home- ja sinistäjäsiemenet värjäävät puuta ja hankaloittavat maalausta. (Siikanen 2016, s. 74.)

### 3. PUUN OMINAISUUDET

Puu on orgaaninen materiaali, jonka ominaisuudet vaihtelevat paljon puulajin, geneettisen perimän, tiheyden, oksaisuuden, kasvupaikan sekä tarkastelusuunnan mukaan. Ominaisuuksien ilmaiseminen täsmällisinä lukuarvoina ilmoittaa vain tilastollisen keskiarvon. Merkittäviä eroavaisuuksia saattaa olla jopa lähellä toisiaan kasvaneiden yksilöiden välillä. Suuret erot ominaisuuksissa mahdollistavat puun hyödyntämisen eri käyttökohteisiin. Kuvassa 1 on esitetty puun rungon poikkileikkaus. Ulkokuori eli kaarna on kuollutta korkkisolukkoa, joka suojaa puuta ulkoisilta vaurioilta ja estää rungon kuivumisen. Sisäkuori eli nila kuljettaa yhteyttämistuotteita latvuksesta puun muihin osiin. Kuo- ren ja rungon välissä on jälsi, joka on puun paksuuskasvusolukko. Vuosirengas on puun yhden vuoden paksuuskasvu. Sen puuaineksesta vaaleampi kevätpuu on selvästi tummaa kesäpuuta harvempaa. Sydänpuu on kestävin osuus, mikä johtuu sen suuresta harts- ja pihkapitoisuudesta. Se lisää puun kestävyyttä lahoa ja tuhohyönteisiä vastaan. (Puuinfo 2020c.)



**Kuva 1.** Puun rakenne.

### 3.1 Lajike ja laatu

Suomen metsissä olevasta puusta 97 % on mäntyä, kuusta ja koivua. Kaikkiaan puulajeja kasvaa Suomessa noin 30 lajia. Valtaosa metsistä on sekametsiä eli niissä kasvaa useampaa kuin yhtä puulajia. (Puuinfo 2020f.) Rakentamiseen käytettävistä puulajeista yleisimmät ovat mänty ja kuusi. Julkisivuverhoukseen käytettävä puutavara on yleisimmin kuusta. Se sopii esimerkiksi mäntyä paremmin kyseiseen käyttötarkoitukseen, koska kuusen kosteuseläminen on vähäisempää erilaisen solukkorakenteen takia. Kuusen vedenimemiskyky on pienempi, koska sen pintasolut sulkeutuvat eli aspiroituvat kuivuuksaan. Männyn pintasolut sen sijaan jäävät kuivuuksaan auki-asentoon, minkä takia sen kosteuseläminen on suurempaa. Männyn sydänpuu vastaa kuitenkin veden läpäisevyydeltään kuusta. (Karjalainen 2002, s. 320–324; RT 82-10829 2004, s. 2.)

Puujulkisivun kestävyys kannalta oleellinen tekijä on materiaalin valinta. Viitanen (2006) tiivistää puutavaran kestävyyttä ja valintaa käsittelevässä artikkelissaan: ”Puumateriaalin valinnassa pitää ottaa huomioon puun luontainen kestävyys, puun laatu, pinnoitettavuus, suojattavuus, rakenteen toimivuus ja siihen kohdistuvat kuormitukset. Kestävyyden edellytyksenä on, että suunnittelu, rakenteelliset ominaisuudet, käyttöolot ja huolto on otettu huomioon.” Puun tulee olla mahdollisimman hyvälaatuista.

Puuaines jaotellaan pääosin ulkonäön sekä lujuusteknisten ominaisuuksien mukaan. Ulkonäön perusteella pohjoismainen mänty- ja kuusitavara jaetaan neljään peruslaatulokkaan. Luokka A on näistä paras. Ulkoverhoukseen käytettävän puutavaran vähimmäisvaatimus on luokan B käyttö, mutta pitkäaikaiskestävyyden kannalta suositeltavaa on käyttää luokkaa A. Luokka B soveltuu lähinnä kantaviin rakenteisiin ja luokat C ja D tilapäisrakenteisiin. (RT 82-10829 2004, s. 2.) Lujuuden mukaan puutavara lajitellaan neljään pääluokkaan: T40, T30, T24 ja T18. Lukuarvo osoittaa puutavaran taivutuslujuuden keskiarvon vähennettynä kaksinkertaisella yksittäisten havaintojen keskihajonnalla. Vähintään 95 % kunkin lujuusluokan puutavarasta täyttää vaadittavan taivutuslujuuden. (Karjalainen 2002, s. 321–322.)

## 3.2 Lujuus

Puun lujuus lisääntyy puun tiheyden kasvaessa. Tiheys tarkoittaa 1 m<sup>3</sup>:n kokoisen kappaleen massaa. Tiheyttä arvioitaessa on aina ilmoitettava, missä kosteustilassa sen massa ja tilavuus on mitattu. Yleisimmin puun tiheys määritetään 15 % kosteustilassa, jota kutsutaan ilmakeivatiheydeksi. Se voidaan määrittää myös kuiva-tuoretiheytenä, jolloin puun massa on mitattu kuivana ja tilavuus kyllästymispistettä (noin 30 %) suuremman kosteudessa. Suomalaisen männyn tiheys on 370-550 kg/ m<sup>3</sup> ja kuusen 300-470 kg/ m<sup>3</sup>. Tiheyteen ja lujuuteen vaikuttavat myös maantieteelliset erot. Männyn on todettu olevan tiheintä Keski-Suomessa. Kuusi on sen sijaan tiheintä Pohjois-Suomessa ja sen tiheys pienenee etelään siirryttäessä. Puun tiheys ja lujuus myös vähenevät jonkin verran tyvestä latvaan mentäessä. Männyllä pituussuuntainen tiheysmuutos on suurempi kuin kuusella. Puun tiheys kasvaa myös iän mukana niillä puulajeilla, joilla tiheys kasvaa ytimeistä pintaa kohti. (Karjalainen 2002, s. 321; Puuinfo 2020c.)

Puun rakenteessa vaaleampi kevätpuu on selvästi harvempaa kuin tummempi kesäpuu. Keskimääräinen kesäpuun osuus on männyllä 25 % ja kuusella 15 %. Puun ihanteellinen vuosirengasväli on 1–1,5 mm suomalaisilla havupuilla, jolloin kesäpuun suhteellinen osuus lustosta on suurimmillaan. Pieni vuosirengasväli ei välttämättä merkitse puun suurta tiheyttä ja lujuutta. Esimerkiksi Lapin männyn vuosikasvusto koostuu lähes kokonaan harvemmasta kesäpuusta, vaikka lustojen väli on huomattavan pieni. Tämän seurauksena Pohjois-Suomessa kasvanut mänty on tiheydeltään pienempää ja sen puuainekeskeämpää kuin etelämmässä kasvaneella männyllä. (Karjalainen 2002, s. 320–321.)

Lujuuteen vaikuttaa oleellisesti se, missä suunnassa puun syitä vastaan sitä kuormitetaan. Taivutuslujuus on suoraan verrannollinen puun tiheyden kanssa syiden suunnassa. Tasa-aineisella, virheettömällä puulla taivutuslujuus on yhtä suuri kuin vetolujuus. Puun tiheys vaikuttaa myös vetolujuuteen: esimerkiksi männyn kevätpuun lujuus on vain 1/6 kesäpuuhun verrattuna. Ilmakeivan puun puristuslujuus on noin puolet vastaavasta vetolujuudesta. Puun leikkauslujuus on 10–15 % syiden suuntaisesta vetolujuudesta. Puun tiheyden kasvaessa lisääntyvät myös kimmoisuus ja kulutuksenkestävyys. (Karjalainen 2002, s. 321.)

### 3.3 Kosteus

Huokoisena aineena puu sisältää aina kosteutta. Sen määrä riippuu ympäristön kosteudesta sekä lämpötilasta. Puun kosteus ilmoitetaan prosentteina kuivapainosta: veden massan ja vedettömän puuaineksen massan välinen suhde. Normaalioloissa puun kosteus vaihtelee 8:n–25:n painoprosentin välillä. Ilman kosteus taas ilmoitetaan suhteellisenä kosteutena: tietynlämpöisen ilman sisältämän vesihöyryn määrän suhde enimmäisvesihöyrymäärään. (Karjalainen 2002, s. 307.)

Puu on anisotrooppinen aine, eli se turpoaa ja kutistuu eri tavoin eri suuntiin. Pitkittäissuuntainen kosteuseläminen on vähäistä, mutta puun poikittainen kosteuseläminen voi olla runsasta. Se on huomioitava rakenteita sekä yksityiskohtia suunniteltaessa. (Puu-tieto.) Puun syiden kyllästymispiste on se tila, jossa puun soluseinämät ovat vedellä kyllästetyt, mutta soluonteloissa ei esiinny vapaata vettä. Kun kosteus vähenee alle kyllästymispisteen, alkaa puu kutistua. Vastaavasti puun laajeneminen sen kastuessa loppuu kyllästymispisteeseen. Esimerkiksi ulkoseinissä voidaan hyödyntää puun kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta. Puuaineiset lämmöneristeet tasaavat kosteuden kulkua rakenteissa ja mahdollistavat ulkoseinän toteutuksen ilman muovisia höyrynsulkurakenteita. Puun kuivuessa myös sen lujuusominaisuudet paranevat, mikä tulee huomioida puurakenteiden mitoituksessa. (Karjalainen 2002, s. 307–308.)

Puun vaurioiden kannalta kriittisin tekijä on nimenomaan kosteus. Se aiheuttaa lahoamista ja homehtumista. Puun kosteuden on pysyttävä pitkiä aikoja yli 20 %:ssa, ennen kuin se alkaa vaurioitua. Puu alkaa homehtua ilman suhteellisen kosteuden pysyessä yli 80 %:ssa yhtäjaksoisesti muutaman kuukauden. Lahoaminen, eli puun hajoaminen, alkaa ilman kosteuden ylitettyä 90 %. Homeitiöt ja lahottajasienet vaativat toimiakseen +0 - +40 °C lämpötilan, minkä takia biologiset tekijät eivät vaurioita puuta pakkasella. Home ei ole puun lujuuden kannalta haitallista, sillä se ei pysty tunkeutumaan puun pintaa syvemmälle. Se on kuitenkin ihmisen terveydelle haitallista ja aiheuttaa erilaisia allergisia reaktioita sekä lieviä myrkytysoireita. (Karjalainen 2002, s. 307–308.) Kuvassa 2 on alareunastaan vaurioitunut julkisivu. Maalipinta hilseilee ja puu on osin lahonnut kosteuden seurauksena.



**Kuva 2.** Vaurioitunut julkisivu.

Puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyyden kannalta on ensisijaisen tärkeää huolehtia rakenteen kosteudenhallinnasta. Julkisivu tulee suojata kastumiselta mahdollisimman hyvin. Ulkoilmassa verhous on kuitenkin aina sateelle alttiina. Puuverhouksen täytyy päästä vapaasti kuivumaan, ettei sadevesi pääse imeytymään rakenteisiin. Kosteus tulee ottaa huomioon jo rakennusvaiheessa, jolloin puu tulisi varastoida ja rakentamisen aikana säilyttää kuivana. Home- sekä laho-ongelmien lisäksi puun kuivuminen ja kutistuminen myöhemmässä vaiheessa aiheuttaa rakenteiden liikkumista ja muuttumista epätiiviiksi. (Karjalainen 2002, s. 307–308; Siikanen 2016, s. 84.)

### **3.4 Palotekniset ominaisuudet**

Puun kemiallisesti sitoutumaton vesi alkaa höyrystyä lämpötilan noustessa 100 °C:seen. Syttymislämpötilaan vaikuttaa aika, jonka puu on ollut lämmölle alttiina. Yleensä se on 250–300 °C. Syttymisen jälkeen puu alkaa hiiltä noin 0,8 mm minuutissa. Palamisessa

syntynyt hiilikerros suojaa puuta palotilanteessa, minkä takia palo etenee hitaasti massiivisessa puutavarassa. Hiilikerros hidastaa puun sisäosien lämpötilan nousua ja palon etenemistä. Esimerkiksi 15 mm:n etäisyydellä hiiltymisrajasta puun lämpötila on alle 100 °C. Liimapuulla hiiltymisnopeus on pienempi: noin 0,7 mm minuutissa. Puun tiheyden ja kosteuden vähetessä syttymisherkyys lisääntyy. Myös paksuuden pieneneminen, terävät kulmat, karkea pinta, säröt ja halkeamat lisäävät palon vaikutusta. (Karjalainen 2002, s. 149.)

Puun palo-ominaisuuksista huolimatta se on paloturvallinen materiaali. Puu käyttäytyy ennakoitavasti palotilanteessa, minkä takia sen kuormankestävyys ja sortuminen palotilanteessa on tarkasti laskettavissa. Puurakenteilla voidaan saavuttaa 30, 60, 90 ja 120 minuutin palonkesto aika verrattain helposti. Se edellyttää rakenteiden hiiltymävaramitotusta sekä suojaverhousta. Tavallisimmin suojaverhouksena käytetään kipsikartonkilevyä, jonka kidevesi höyrystyy palotilanteessa pitäen levyn lämpötilan palon vastakkaisella puolella alhaisena. Se ehkäisee puun syttymistä. (Puuinfo 2020h.)

Rakennukset jaetaan kolmeen palotekniseen luokkaan palonkestävyytensä perusteella. P1 on korkein luokitus: rakennus on palonkestävä ja pääosin palamattomista rakennusosista tehty. P2-luokan rakennusten kantavien rakenteiden palonkesto aika on vähintään 30 minuuttia. Palavia rakennustarvikkeita voidaan käyttää rakenteissa, mutta seinien ja kattojen sisäpinnat on suojaverhottava palavien materiaalien syttymisen estämiseksi palon alkuvaiheessa. P3-luokan rakennuksille on asetettu paloturvallisuusvaatimuksia ainoastaan osastoihin ja niitä tukeviin rakenteisiin. Enemmistö pientaloista kuuluu paloluokkaan P3. (Kallioniemi.)

Ulkoseinät tulee rakentaa niin, että palo ei pääse leviämään niiden kautta. Suunnittelussa otetaan huomioon palon leviämisvaara julkisivuverhouksen ulkopintaa pitkin, tuulensuojan ja verhouksen välisessä tuuletusraossa sekä ulkoseinän ja osastoivan vaakasuoran rakennusosan liitoksen kautta. Määräykset ja ohjeistukset antavat periaatteet puun käytölle julkisivuissa. Niistä on kuitenkin mahdollista poiketa, jos pystyy hyväksytyihin tutkimuksiin perustuen kiistatta osoittamaan, ettei turvallisuus vaarannu poikkeuksen seurauksena. 3-8-kerroksisen P2-luokan rakennusten julkisivujen paloherkkyyttä rajoitetaan katkoilla. Julkisivuihin tulee tehdä palon leviämistä estävät katkot kerroksittain. Katkoina voidaan käyttää esimerkiksi parvekelaattoja, lippoja, seinäkkeitä tai ulos tulevia vaakalistoja. (Siikanen 2016, s. 190–191.)

### 3.5 Puun modifiointi

Aina puun luontaiset ominaisuudet eivät riitä täyttämään asetettuja vaatimuksia. Erilaisilla käsittelytavoilla, eli modifioinnilla, voidaan vaikuttaa puun ominaisuuksiin. Puun kehittämistä käyttökohteen asettamien vaatimusten mukaiseksi kutsutaan tekniseksi puuksi. Yksi puun pitkäaikaiskestävyyden edellytyksistä on kosteuspitoisuuden pysyminen alle 20 %:ssa. Aina ei kuitenkaan ole mahdollista sijoittaa puuta sellaisiin olosuhteisiin, että sen suojaaminen onnistuisi ainoastaan rakenteellisin keinoin. Kemiallisen käsittelyn avulla voidaan vähentää puun kosteuselämistä sekä parantaa lahon- ja palonkestävyyttä. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi ruiskutus tai sively puunsuoja-aineella. Puu voidaan myös upottaa suoja-aineeseen, jolloin aineet imeytyvät syvemmälle puuhun ja siten suojaavat enemmän. Uusia puunsuoja-aineita kehitetään jatkuvasti, ja niiden valintamahdollisuudet ovat hyvin laajat. Käsittelyaineet ovat kuitenkin usein melko kalliita, ja osan niistä on todettu olevan ympäristölle haitallisia. Ekologisten arvojen kohotessa puun kemiallista suojausta on alettu vierastamaan. (Karjalainen 2002, s. 326–327; Puuinfo 2020d.)

Kemiallisen käsittelyn lisäksi puuta voidaan jalostaa käyttämällä apuna painetta tai lämpöä. Lämpökäsittely vähentää puun kosteuselämistä 50–90 %. Sen lisäksi puusta poistuu useita eri uuteaineita, puu kevenee, sen tasapainokosteus laskee ja sen lämmöneristyskyky kasvaa. Toisaalta sen jäykkyys pienenee, lujuusominaisuudet heikkenevät ja väri tummuu. Puun on myös todettu pehmenevän maakosketuksessa lämpökäsittelyn jälkeen, vaikka lahoamisprosessia ei tapahdu. On tärkeää suorittaa lämpökäsittelyprosessi oikein, sillä väärin tehtynä puun halkeiluriski on korkea. Lämpökäsittelyn puun pinta muodostuu hyvin tiiviiksi, mikä tekee liimauksista haastavampia. Sen sijaan maalin pysyvyys paranee lämpökäsittelystä puussa. Puun tiheyttä, lujuutta ja pintakovuutta voidaan lisätä puristamalla kokoon, jolloin puun tilavuus pienenee jopa 40–50 %. Kosteuden vaikutuksesta puu palautuu kuitenkin alkuperäistilavuuteensa, ellei sitä stabiloida kemiallisilla aineilla. (Karjalainen 2002, s. 331-332; Puuinfo 2020d.)



## 4. SUUNNITTELURATKAISUT

Tärkeimpänä puisen julkisivun teknisen ja toiminnallisen suunnittelun lähtökohtana on aina huomioitava ilmasto-olosuhteet. Säätekijät rasittavat julkisivuja: auringon säteily, vesisade, lumi, jää, tuuli sekä ilman kosteuden ja lämpötilan vaihtelut. Rasituksen määrään vaikuttavat maantieteellinen sijainti, maaston korkeus sekä julkisivujen suunta. (Siikanen 2016, s. 289.) Lisäksi puun kestävyysvaikutavat merkittävästi biologiset tekijät eli home, laho ja hyönteiset. Nämä ovat usein seurausta epäonnistuneesta kosteudenhallinnasta.

### 4.1 Laudan paksuus ja kiinnitys

Julkisivun kestävyysvaikutaa merkittävästi verhouslaudan paksuus. Puinen eteläjulkisivu rapautuu auringon ja kosteuden vaihtelujen vaikutuksesta noin 3-5 mm sadassa vuodessa. Soikkelin tutkimuksen pohjalta ilmeni ristiriitoja senhetkisten vakiintuneiden suunnitteluohjeiden kanssa. Ohjeistuksessa suositeltiin käyttämään julkisivuissa ohuita lautoja, joiden todettiin tutkimuksessa olevan huomattavasti paksuja lautoja alttiimpia vaurioitumiselle. Halkeilu oli erityisen runsasta 25 millimetriä ohuemmillä laudoilla. Tutkimuksen seurauksena julkisivuverhouksissa päädyttiin suositteluun käytettäväksi vähintään 25 mm paksuista lautoja – mieluummin kuitenkin 28 mm paksuista. Paksuissa laudoissa laudan leveyden vaikutus halkeiluun on olematon, mutta ohuita (alle 19 mm) lautoja tarkastellessa myös riittämätön leveys aiheuttaa laudan halkeilua. (Karjalainen & Koiso-Kanttila 2002, s. 71; Soikkeli 1999, s. 111.)

Verhouslaudat tulee kiinnittää seinään sydänpuoli ulospäin, jolloin ne kupertuvat pinnaltaan ja lautojen reunat pysyvät mahdollisimman tiiviinä. Pystysuuntaisessa verhouksessa puiden latvapuoli on asennettava alaspäin. Myös kiinnityslaudan tulee olla tarpeeksi tukeva, jotta vältetään julkisivuverhouksen vääntymiseltä. Kiinnikkeinä käytetään ruostumattomia tai kuumasinkittyjä kiinnikkeitä. Ne eivät saa olla liian paksuja, jotta ne eivät halkaise kiinnitettävää verhousta. Naulaus aiheuttaa helposti lautojen halkeilua, minkä takia sitä ei tulisi tehdä 70 mm:ä lähempää laudan päätä. Verhoukseen tulee aina suunnitella siten, ettei lautoja jouduta jatkamaan työmaalla. Julkisivujen vaurioituminen alkaa yleensä lautojen suojaamattomista jatkoskohdista, minkä takia tehdasolosuhteissa tehdyt sormijatkokset ovat suositeltava ratkaisu. (Karjalainen 2002, s. 323–324.)

## 4.2 Rakenteellinen suojaus

Puujulkisivun pitkäaikaiskestävyyden kannalta ratkaiseva toimenpide on vaurioiden ennaltaehkäisy rakenteellisin keinoin. Huolellisen suunnittelun ja toteutuksen avulla voidaan välttää puuverhousten tyypilliset ongelmat. Rakenteellisella suojauksella tarkoitetaan rakentamistapaan kuuluvia toimenpiteitä, jotka estävät tai oleellisesti vähentävät rakenteen vaurioitumista. Puun kosteuspitoisuus pidetään niin alhaisena, että lahottajaisienille ei synny otollisia elinolosuhteita. Samalla kosteus pysyy tasaisena, mikä vähentää puun kosteuselämisen aiheuttamaa halkeilua. (Saari 1997, s. 71.)

Julkisivun alareuna on verhouksen kosteudelle alttein paikka, minkä takia sitä ei tule sijoittaa alle 300 mm:n läheisyyteen maan pinnasta. Suositeltava sokkelikorkeus on yli 500 mm. Matala sokkeli ei suojaa tarpeeksi roiskevedeltä ja lumelta, vaan mahdollistaa puun kostumisen. Normaali sahatavara ei sovellu maakosketukseen, vaan siihen käytettävien puuosien tulee olla tehtynä painekyllästetystä puusta. Seinänvieruskasvillisuutta tulee välttää, koska se kerää kosteutta ja altistaa seinän vaurioille. (Karjalainen 2002, s. 322–325.)

Räystäiden on oltava vähintään 600 mm leveät ja kattoihin on tehtävä reilu kallistus. Soikkelin puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyyttä käsittelevässä tutkimuksessa ei todettu vaurioitumiseroja pääty- ja pitkittäissivuilla. Sen sijaan räystään pituuden merkitys vaurioiden kokonaismäärään on kiistaton. Ulkoisen vedenpoiston avulla kattovedet eivät pääse vahingoittamaan julkisivua. Räystäskourujen ja syöksytorvien kautta poistuva vesi ohjataan sadevesiviemäriin tai pois rakennuksen vierestä. (Karjalainen 2002, s. 322; Soikkeli 1999, s. 113.) Julkisivuverhouksen yläreunan käsittely riippuu räystään ja seinäliitoksen ominaisuuksista. Mikäli räystäiden alapinnat laudoitetaan umpeen, ulotetaan julkisivuverhous räystään alapuolisen, yleensä harvan laudoituksen yläpuolelle. Ulkoseinän sekä yläpohjan tuuletusta varten vesikatteen alapinnan sekä verhouksen väliin jätetään vähintään 25 mm rako. (RT 82-10829 2004, s. 13.)

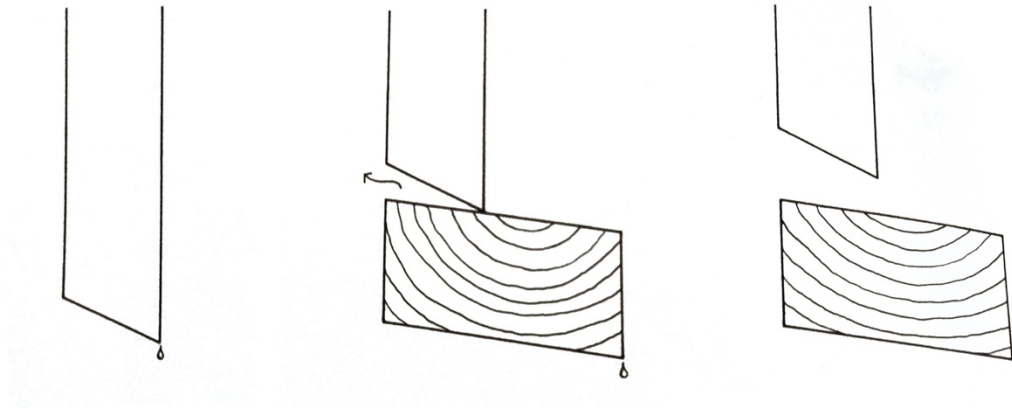
Vaurioiden välttämiseksi ulkoverhouksen tausta on aina tehtävä tuulettuvaksi verhoustyyppistä riippumatta. Kosteudenhallinnassa on ensisijaisen tärkeää, että rakenteeseen pääsevä kosteus pääsee myös poistumaan. Tämän päivän rakentamisessa tuuletusraon merkitys on jo itsestään selvä, mutta esimerkiksi 1950-luvun rintamamiestaloissa on

tyypillisesti tuulettumaton seinärakenne. Rakenteessa ei ole tiivistä höyrinsulkua sisäpuolella, minkä seurauksena sisäilman vesihöyryä pääsee rakenteeseen. Seinässä on purueriste, joka sietää hyvin kosteutta. Purulla on kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta. Tällaisen rakenteen toiminnan edellytys kuitenkin on, että vesihöyry pääsee poistumaan rakenteesta. Esimerkiksi julkisivun maalaaminen tiiviillä lateksimaalilla on aiheuttanut ongelmia, kun vesihöyry ei ole päässyt enää poistumaan rakenteesta. (Kaijomaa 2020.) Soikkelin tutkimuksen perusteella tuuletusraon suuruutta olennaisempaa on se, että rako on avoimesti tuulettuva. Lautojen halkeilun välttämiseksi raon tulisi olla alle 16 millimetriä. Tämä mahdollistaa puun hitaan kuivumisen ja siten vähentää lautojen halkeamisvaurioita. (Soikkeli 1999, s. 111.)

### 4.3 Detaljit

Detaljien huolellinen suunnittelu ja toteutus on ensisijaisen tärkeää puurakenteisen julkisivun pitkäaikaiskestävyyden saavuttamiseksi. Niiden avulla ohjataan kosteus pois puupinnoilta, jolloin se ei pääse imeytymään puuhun ja vaurioittamaan rakennetta. Usein detaljoinnin lähtökohtana ovat kuitenkin olleet arkkitehtoniset ja esteettiset seikat eikä kestävyys. Huolellisten detaljien avulla voidaan saavuttaa toimiva, kestävä ja esteettisesti kaunis lopputulos.

On tärkeää pitää huolta siitä, että vesi valuu ja tippuu vapaasti pois laudoilta, eikä pääse kertymään vaakapinnoille. Alla olevassa kuvassa 3 on esitetty julkisivuverhouksen alaosan detaljiikkaa. Pystyverhouslaudan alapää tai vaakaverhouslaudan alasärmä suositellaan viistäämään tippanokaksi, kuten vasemmalla on tehty. Keskellä on vesilistadetalji, jossa verhouslaudan pää tuulettuu julkisivun takaa. Oikeanpuoleisessa detaljissa vesilista on irti verhouslaudan alapäästä, jolloin kosteus ei seiso rakenteessa. (Soikkeli 1999, s. 100–104.)

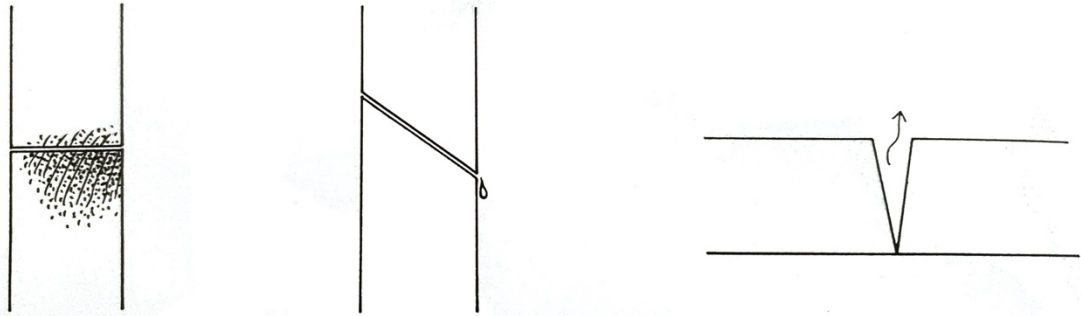


**Kuva 3.** Julkisivun alareunan detaljit (Anu Soikkeli, *Puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys*)

Listoitukset ovat suurimman kosteusrasituksen kohteena julkisivussa, minkä takia niillä on muuta julkisivua lyhyempi huoltoväli. Myös listan alapinta on ehdottomasti käsiteltävä maalauksen yhteydessä, sillä siihen kohdistuu suuri kosteusrasite. Soikkelin tutkimuksen perusteella vaakalistojen käyttö ei ole erityisen suositeltavaa, sillä yleensä listan vaurioitumisriski on suuri ja vauriot kohdistuvat usein myös julkisivun listan yläpuolisiin lautoihin. Toisaalta julkisivun alaosan vaurioituessa voidaan osa seinästä uusida listan alapuolelta muuhun julkisivuun kajoamatta, kuten usein vanhoissa julkisivuissa on tehty. (Soikkeli 1999, s. 100–104.)

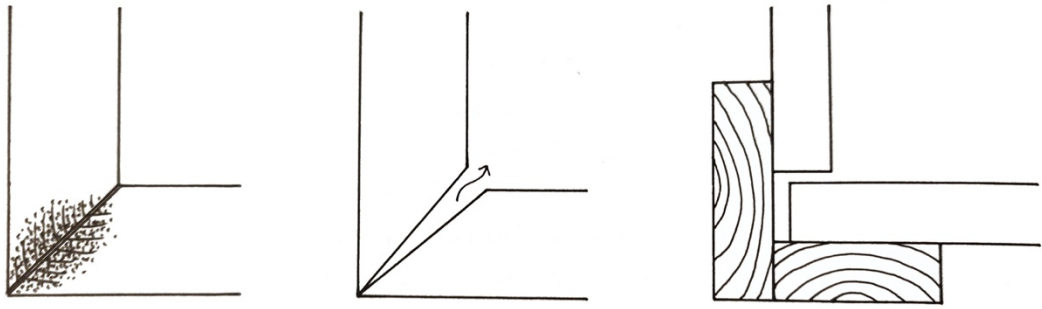
Julkisivuverhouksessa tulisi pyrkiä välttämään jatkoksia, sillä laudan katkaisupinnat ovat alttiita kosteusvaurioille. Yleensä julkisivujen vaurioituminen alkaa suojaamattomista jatkoskohdista. Jatkoksilta voidaan välttyä, kun käytetään sormijatkettua puutavaraa tai suojataan saumakohta peitelaudalla tai peltilistalla. Mikäli julkisivuverhoukseen tulee kuitenkin jatkoksia, tulisi pystyverhousten saumat on viistää kuvan 4 keskimmäisen detaljin mukaisesti. Vasemmalla on suora pystylaudoituksen jatketyyppi, joka mahdollistaa veden imeytymisen laudan päähän ja altistaa puuverhouksen vaurioille. Oikealla on vaakalaudoituksen suositeltava jatketyyppi, jossa lautojen päät pääsevät tuulettumaan julkisivun taakse. Vaakaverhouksissa voidaan käyttää myös puskusaumaa. Mahdollinen jatkos joudutaan usein naulaamaan hyvin läheltä naulan päätä, minkä takia halkeamisen

ehkäisemiseksi on suositeltavaa tehdä naulan reiät poralla. (RT 82-10829 2004, s. 11; Soikkeli 1999, s. 100–104.)



**Kuva 4.** Laudan katkaisun detaljit (Anu Soikkeli, *Puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys*)

Lautojen katkaisupinnat tulee suojata huolellisesti rakennuksen nurkissa, jotta kosteus ei pääse imeytymään puuhun. Kuvassa 5 on esitelty nurkkatyyppejä. Vasemmalla on jiirinurkka, jossa laudat liittyvät 45 asteen kulmassa toisiinsa. Tämä ratkaisu altistaa laudan kosteusvaurioille, sillä kosteus pääsee imeytymään lautojen väliin. Keskimmaisessä nurkkadetaljissa on esitetty jiirinurkka, jonka ulkonurkissa laudan sahauskulma on hieman vähemmän kuin 45 astetta ja sisänurkissa vastaavasti hieman enemmän. Nurkkarakenteeseen syntyvä ilmarako mahdollistaa tuulettumisen ja estää siten kosteusvaurioiden syntymisen. Ulkonurkka on kuitenkin tehtävä huolellisesti riittävän tiiviiksi, jotta lautojen katkaisupinnat eivät pääse altistumaan sadevedelle. Kuvassa oikealla on suositeltu vaakalautojen nurkkaliitos, jossa nurkat on suojattu pystylaudoin. Oleellista on lautojen päiden tuulettuminen pystylautojen takana. Pystyverhous voidaan tehdä myös ilman nurkkalautoja, jolloin laudoitus tulee jakaa tasaisesti koko julkisivulle. Kuvassa 6 on vaakaverhottu julkisivu, jonka nurkkasauma on tehty jiiriin. (RT 82-10829 2004, s. 14–15; Soikkeli 1999, s. 104.)



**Kuva 5.** Nurkkaliitoksen detaljit. (Anu Soikkeli, Puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys)



**Kuva 6.** Vaakaverhottu julkisivu ja jiirinurkka. (RT puujulkisivut)

## 5. YLLÄPITO

### 5.1 Tarkastus, huolto ja korjaus

Puujulkisivun pitkäaikaiskestävyys edellyttää kunnan ylläpidosta huolehtimista. Se kattaa kunnan arvioinnin, huollon, korjauksen sekä uusimisen. Kuntoarvio tehdään pääasiassa aistinvaraisin ja kokemusperäisin menetelmin. Siinä ei rikota puuainesta, toisin kuin kuntotutkimuksessa voidaan tehdä. Arviossa tarkastellaan julkisivun kokonaisuutta: räystäsrakennetta, pellityksiä, saumauksia sekä muita julkisivun rakennusaineita ja niiden yhteensopivuutta. Kunto voi kuitenkin vaihdella merkittävästi eri kohdissa, minkä takia tarkastus jaetaan usein osakokonaisuuksiin. Havaintojen perusteella tehdään päätökset jatkotoimenpiteistä ja voidaan laatia mahdollinen korjaussuunnitelma tai tehdä päätös kuntotutkimuksesta. (RT 82-10603 1996, s. 3.)

Puuverhouksen vauriot ovat usein osoitus siitä, että rakenteelliset ratkaisut eivät ole kaikilta osin virheettömiä. Näin ollen korjaustoimenpiteet on aina kohdistettava myös vaurioiden syiden poistoon ja siten vaurioiden ennaltaehkäisyyn jatkossa. Joskus korjaukseksi riittää vuotavan räystäskourun korjaaminen, mutta esimerkiksi tuulettumiseen liittyvät ongelmat saattavat vaatia enemmän työtä. Saunasta poistuva lämmin kosteus päätyy helposti vahingoittamaan julkisivua, jos rakennuksen tuuletusta ei ole hoidettu virheettömästi. (Soikkeli 1999, s. 105.) Tyypillisiä julkisivun ongelmakohtia ovat esimerkiksi verhouksen alareunan halkeilu, lahovauriot sekä verhouslautojen jatkosten vauriot. Verhouksen alareuna on vaurioille alttein paikka siihen kohdistuvan kosteusrasituksen takia. Vauriot ovat yleensä seurausta liian matalasta sokkelista tai puutteellisesta kosteuseristyksestä betonisokkelin ja puurakenteiden välillä. Sokkelin vähimmäiskorkeutena pidetään 300 mm:ä, mutta Soikkelin tutkimuksen perusteella suositeltava korkeus on yli 500 mm (Soikkeli 1999; s. 80). Maakosteuden ja maasta roiskuvan sadeveden pääsy julkisivurakenteeseen edesauttaa lautojen alapäiden halkeilua erityisesti pystyverhouksissa. Myös seinäpinnalla valuva sadevesi pääsee helposti imeytymään lautojen katkaisupintojen kautta puuhun, minkä takia on tärkeää huolehtia oikeanlaisesta detailloinnista. Esimerkiksi verhouksen alareunan sahaaminen tippanokaksi estää sadeveden välittömän pääsyn lautojen katkaisupintaan. (Saari 1997, s. 72.)

## 5.2 Maalaus ja pintakäsittely

Julkisivu tulisi suunnitella siten, että sen kestävyys ei ole maalauksen tai muun pintakäsittelyn varassa. Käsittelemätön julkisivu kuluu vain noin 3 mm sadassa vuodessa. Auringon UV-säteily kuitenkin aiheuttaa solukon hajoamista, eroosiota. Pintakäsittely edesauttaa puun hyvien ominaisuuksien säilymistä sekä estää vaurioiden syntymistä. Se myös hidastaa sadeveden imeytymistä puuhun. (Siikanen 2016, s. 213.) Puun pintakäsittelyyn käytetään puuöljyjä, kuultavia ja peittäviä puun suojaajia sekä ulkokäyttöön tarkoitettuja maaleja. (Puuinfo 2020i.) Julkisivun maalaaminen on sekä esteettinen että suojaava toimenpide. Mikään maalityyppi ei kuitenkaan korjaa jo vaurioitunutta puuta. Maalipinnan pysyvyyteen vaikuttaa laudan pinnan karkeusaste. Parhaiten maali pysyy yleensä hienosahatulla puupinnalla. Karkeasahatulla laudalla maalin pysyvyys on erinomainen, mutta pinnan kunnollinen puhdistaminen on mahdotonta. Tämä vaikeuttaa uusintamaalauksia ja edesauttaa julkisivun likaantumista. Sen vuoksi karkeasahattua lautaa ei suositella lainkaan käytettäväksi julkisivuverhouksessa. (Soikkeli 1999, s. 105–110.)

Pitkäaikaiskestävyyden kannalta on tärkeää huolehtia maalipinnan kunnosta sekä riittävän usein tehtävästä uusintamaalauksesta. Ulkomaalaus on aina tilapäinen suoja – oleellista on se, miten maalipinta muuttuu vuosien saatossa. Tämän takia myöskään maalauksen hintaa ei tule arvioida kertasuorituksena. Taloudellisesti ratkaisevat tekijät ovat uusintamaalauksen aikaväli sekä erityisesti uusinnan vaikeusaste. Muovimaalien eli lateksien suositeltu maalausväli on öljymaaleja pidempi, mutta vanhan maalipinnan työläs poisto tuottaa ongelmia puutteellisesti tehtynä. Lateksi myös kerryttää kosteutta irronneen maalikalvon muodostamiin onkaloihin. Tämä muodostuu ongelmaksi, kun tiivis kalvo ei luovuta kosteutta tasaisesti vaan päästää sen imeytymään puuhun. Öljymaalien etuna on tasainen kuluminen, joka edesauttaa kosteuden läpäisemistä mutta ei kuitenkaan estä sen haihtumista pois puusta. Tällöin puupinta ei vanhetessaan vaurioidu vaan kuluu, jolloin esteettiset seikat ratkaisevat maalausvälin pituuden. (Karjalainen & Koiso-Kanttila 2002, s. 72–74; Karjalainen 2002, s. 326–327.) Ihanteellinen maalipinta vanhenee mahdollisimman tasaisesti kaikilla julkisivuilla, joka mahdollistaa uusintamaalauksen tekemisen kauttaaltaan koko rakennukseen. (Soikkeli 1999, s. 105–110.)

Maalauksessa tulee noudattaa maalinvalmistajan ohjeita. Oikeiden aineiden sekä riittävän kerrosmäärän lisäksi on huomioitava myös maalausolosuhteet. Maalattavan puun



on oltava kuivaa, mikä saattaa tuottaa ongelmia rakentamisen yhteydessä tehtävässä maalauksessa. Yleensä sahatavara toimitetaan lautatarhakuivana, jolloin puun kosteuspitoisuus vaihtelee ilman suhteellisen kosteuden mukaan 18–24 %. Maalattavan puuverhouksen kosteus saisi olla 15–18 % maalityypistä riippuen, mikä edellyttäisi verhouslautojen kuivaamista työmaalla ennen pohjamaalausta ja lautojen seinään kiinnitystä. Maalaus työ voidaan myös lykätä seuraavaan vuoteen, jolloin puu pääsee rauhasa ”ilmoittamaan”. Sääolosuhteet vaikuttavat oleellisesti maalausprosessiin. Kuumassa ja kuivassa maali ei ehdi imeytyä, kun taas kylmässä ja kosteassa kuivuminen hidastuu. Suora auringonpaiste on maaleille pahasta: paahde kuivattaa maalin ennen aikojaan, jolloin sen tartunta kärsii. Pilvipouta on maalaamisen kannalta paras sää.

(Isosaari 2020; Soikkeli 1999, s. 105–110.)

## 6. YHTEENVETO

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli tutkia puisen julkisivurakenteen pitkäaikaiskestävyyttä osana kestäväää ja ekologista rakentamista. Puurakentamisella on Suomessa pitkä perinne materiaalin runsaan saatavuuden ja edullisuuden takia. Viime vuosina puurakentaminen on ollut paljon esillä rakentamisen ympäristövaikutuksia tarkasteltaessa. Rakennettu ympäristö tuottaa merkittävän osan hiilidioksidipäästöistä, minkä takia kestävään rakentamisen edistäminen on ratkaisevassa asemassa ilmastonmuutoksen hillinnässä. Suomen tavoitteena on olla fossiilivapaa vuoteen 2035 mennessä. Se edellyttää päästövähennyksiä sekä hiilinielujen vahvistamista. Puun käytön lisääminen alentaa rakentamisen hiilijalanjälkeä ja siten edistää ilmastotavoitteiden toteutumista. Hiili sitoutuu puuhun ja säilyy pitkään rakenteissa hiilivarastona. Pitkäikäinen julkisivu pienentää koko rakennuksen elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä.

Onnistuneen ja pitkäikäisen puujulkisivun edellytyksenä on materiaalin tunteminen sekä oikeanlaisten rakennusfysikaalisten edellytysten toteutuminen. On tunnettava puun biologiset ja fysikaaliset perusominaisuudet sekä sen käyttäytyminen eri olosuhteissa. Kielteisiä mielikuvia aiheuttavat ongelmat harvoin johtuvat puumateriaalista itsestään, vaan vääränlaisesta suunnittelusta ja toteutuksesta. Puurakentamisen perussääntöjen laiminlyöminen aiheuttaa ongelmia rakenteen toiminnassa sekä kestävydessä. Puulla on kieltämättä myös heikot kohtansa: ominaisuuksien suuri hajonta, lahoaminen kosteuden vaikutuksesta, suuri kosteuseläminen, anisotrooppisuus ja paloalttius. Ne ovat kuitenkin melko helposti selätettävissä oikeanlaisen suunnittelun ja toteutuksen avulla. Kuvaan 7 on koottu pitkäikäisen puujulkisivun toteutuksen perussäännöt.

## PUUJULKISIVUN PITKÄAIKAISKESTÄVYYS

- Riittävän paksu lauta (suositus > 28 mm)
- Laadukas puutavara (mieluiten kuusi tai männyn syydänpuu)
- Kuiva puutavara (kosteus < 18 %)
- Rakenteellinen suojaus, eism. räystäät ja verhouksen alareunan riittävä etäisyys maasta
- Detaljit
- Jatkosten välttäminen
- Hyvä pintakäsittely-yhdistelmä
- Taustan tuuletus
- Säännöllinen tarkastus, korjaus ja huolto

**Kuva 7.** Pitkäikäisen puujulkisivun toteutuksen perussäännöt.

Tärkein toimi puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyyden edistämiseksi on vaurioiden ehkäiseminen. Tämä tapahtuu pääasiallisesti rakenteellisin keinoin suunnitteluohjeita noudattamalla. Julkisivuun käytettävän verhouslaudan tulee olla tarpeeksi paksua. Vähimmäispaksuus verhouslaudalle on 25 mm, mutta on suositeltavaa käyttää 28 mm paksuista lautaa. Ohuemmat laudat ovat huomattavasti alttiimpia vaurioille. Julkisivujen suojaaminen kosteudelta sekä sään haitallisilta vaikutuksilta edellyttää vähintään 600 mm levyisiä räystäitä. Katot tulee varustaa ulkopuolisella vedenpoistolla, joka ohjaa sadeveden pois rakenteesta. Ulkoverhouksia ei tule ulottaa 300 mm lähemmäksi maan pintaa, jotta vältetään roiskeveden ja lumen aiheuttamilta vaurioilta. Maakosketus vaurioittaa puujulkisivua nopeasti. Suositeltava sokkelikorkeus on vähintään 500 mm. Avoin tuuletusrako verhouslaudan ja kantavan rakenteen välillä varmistaa puun kuivumisen sekä kosteuden poistumisen rakenteesta. Detaljit puolestaan ohjaavat kosteuden pois puupinnoilta ja siten estävät kosteuden imeytymisen rakenteisiin esimerkiksi lautojen katkaisupintojen kautta. Puun pintakäsittely ja maalaaminen ovat keinoja suojata verhousta auringon aiheuttamalta eroosiolta sekä sadeveden imeytymiseltä. Puujulkisivun käsittely ei ole välttämätöntä, mutta se edesauttaa puun hyvien ominaisuuksien säilymistä. Kestävyyden ei

tule koskaan olla maalauksen tai pintakäsittelyn varassa, vaan rakenteellisin keinoin saavutettu.

Yhtä tärkeää oikeanlaisen suunnittelun ja toteutuksen kanssa on puujulkisivun kunnosta huolehtiminen. Edes virheettömästi toteutettu verhousrakenne ei säily rakennuksen tavoiteltua käyttöikää ilman tarvittavaa ylläpitoa. Julkisivun kuntoa on seurattava säännöllisesti kuntoarvioiden avulla. Vaurioiden ilmetessä oleellista on korjauksen lisäksi myös selvittää niiden aiheuttaja ja poistaa se. Mahdollisesta maalipinnasta tulee huolehtia riittävän usein tehtävällä uusintamaalauksella. Kestävän maalauksen edellytys on oikeaoppisesti tehty pohjatyö eli vanhan maalikerroksen huolellinen poistaminen.

Sanonta ”hyvin suunniteltu on puoliksi tehty” kuvaa osuvasti puujulkisivujen rakentamista. Panostamalla laatuun jo suunnitteluvaiheessa saadaan toteutettua toimiva julkisivurakenne, joka säilyy pitkään – jopa yli 100 vuotta. Ohjeellinen 50 vuoden ikä jää puujulkisivun mahdolliseen kestävyYTEEN verrattuna melko lyhyeksi. Tutkimuksen johtopäätöksenä olisikin perusteltua tarkastella uudestaan ohjeellista kestävyystavoitetta. Oikein toteutettuna ja ylläpidettynä puujulkisivu säilyy pitkään sekä edistää kestävä ja ekologisen rakentamisen tavoitteita.

## LÄHTEET

Isosaari, K., 2020. *Talon huoltomaalaus on parempi tehdä vuotta liian aikaisin kuin liian myöhään*. Rakennusmaailma. Saatavissa: <<https://rakennusmaailma.fi/talon-huolto-maalaus-on-parempi-tehda-vuotta-liian-aikaisin-kuin-liian-myohaan/>> [Noudettu 14.4.2021].

Kaijomaa, M., 2020. *Näin ehkäiset pientalojen julkisivujen vaurioita*. Saatavissa: <<https://www.raksystems.fi/ajankohtaista/nain-ennaltaehkaiset-pientalojen-julkisivujen-vaurioita/>> [Noudettu 18.4.2021].

Kallioniemi, P. *Pientalon paloturvallisuus*. Saatavissa: <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK060305.pdf>> [Noudettu 12.4.2021].

Karjalainen, M., 2002. *Suomalainen puukerrostalo puurakentamisen kehittämisen etulinjassa*. Oulu: Oulu University press.

Karjalainen, M. & Koiso-Kanttila, J., 2002. *Moderni puukaupunki*. Tampere: Wood-Focus Oy.

Lahdensivu, J., 2010. *Julkisivujen ja parvekkeiden kestävyys muuttuvassa ilmastossa*. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Pentti, M., 1988. *Ulkoseinä rakenteiden pitkäaikaiskestävyys*. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Puuinfo 2020 a. *Kestävä metsänhoito*. Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/puutieto/suomen-metsat-2/kestava-metsanhoito/>> [Noudettu 5.4.2021].

Puuinfo 2020 b. *Kestävät puujulkisivut*. Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/Kest%C3%A4v%C3%A4t-puujulkisivut.pdf>> [Noudettu 26.4.2021].

Puuinfo 2020c. *Lujuusteknisiä ominaisuuksia*. Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/lujuusteknisia-ominaisuuksia/>> [Noudettu 10.4.2021].

Puuinfo 2020d. *Ominaisuuksien muuttaminen*. Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/ominaisuuksien-muuttaminen/>> [Noudettu 14.4.2021].

Puuinfo 2020e. *Pintakäsittely ulkona*. Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/puupinnat/pintakäsittely-ulkona/>> [Noudettu 26.4.2021].

Puuinfo 2020f. *Puulajit*. Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/puutieto/puulajit/>> [Noudettu 10.4.2021].

Puuinfo 2020g. *Puun ominaisuudet*. Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/>> [Noudettu 20.3.2021].

Puuinfo 2020h. *Puurakenteiden paloturvallisuus*. Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/paloturvallisuus/>> [Noudettu 16.4.2021].

Puuinfo 2020i. *Puurakenteiden pitkäaikaiskestävyys*. Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/puurakenteiden-pitkaaikaiskestavyys/>> [Noudettu 26.3.2021].

Puuinfo 2020j. *Ulkoverhoukset*. Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/puupinnat/ulkoverhoukset/>> [Noudettu 28.3.2021].

Puuinfo 2020k. *Kestävät puujulkisivut*. Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/Kest%C3%A4v%C3%A4t-puujulkisivut.pdf>> [Noudettu 26.4.2021].

Puutieto, Pro Puu-yhdistys. *Puun lujuus*. Saatavissa: <<https://puuproffa.fi/liitosten-arkki/puun-liitokset/liitosten-vaatimukset/lujuus-puunrakenne/>> [Noudettu 10.4.2021].

Rakennusteollisuus a. *Kestävä rakentaminen torjuu ilmastonmuutosta*. Saatavissa: <[https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/rt\\_ymparisto\\_esite\\_261010.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/rt_ymparisto_esite_261010.pdf)> [Noudettu 26.3.2021].

Rakennusteollisuus b. *Rakennettu ympäristö ja ilmastonmuutos*. Saatavissa: <<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Materiaalitehokkuus/>> [Noudettu 26.3.2021].

RT 82-10603 1996. *Julkisivun korjaustarpeen arviointi. Korjausrakentaminen*. Helsinki: Rakennustietosäätiö.

RT 82-10829 2004. *Puujulkisivut*. Helsinki: Rakennustieto-säätiö.

Saari, J., 1997. Puujulkisivut. Teoksessa: E. Jukkola, toim. 1997. *Julkisivujen korjausopas*. Hyvinkää: Julkisivuyhdistys r.y. s. 32-35.

Saarni, R., 1997. Kestävyyssajattelu ja elinkaarianalyysi suunnittelussa. Teoksessa: E. Jukkola, toim. 1997. *Julkisivujen korjausopas*. Hyvinkää: Julkisivuyhdistys r.y. s. 55-58.

Siikanen, U., 2016. *Puurakentaminen*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Soikkeli, A., 1999. *Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys*. Oulu: Oulun yliopisto.

Suomen Ympäristökeskus, SYKE. *Päästöjen vähentäminen Suomessa*. Saatavissa: <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/d88180dc-1fa8-436c-8036-4411ae5ff252/paastojen-vahentaminen-suomessa.html>> [Noudettu 8.4.2021].

Suonto, Y., 1997. Julkisivu rakennusten ja ympäristön osana. Teoksessa: E. Jukkola, toim. 1997. *Julkisivujen korjausopas*. Hyvinkää: Julkisivuyhdistys r.y. s. 7-8.

Työ- ja elinkeinoministeriö a. *Ilmasto- ja energiastrategia*. Saatavissa: <<https://tem.fi/ilmasto-ja-energiastrategia>> [Noudettu 9.4.2021].

Työ- ja elinkeinoministeriö b. *Biotalousstrategia*. Saatavissa: <<https://www.biotalous.fi/suomi-kehittaa/biotalousstrategia/>> [Noudettu 9.4.2021].

Viitanen, H., 2006. *Puutavaran kestävyys ja valinta*. Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Ympäristöministeriö a. *Maankäyttö- ja rakennuslaki uudistuu*. Saatavissa: <<https://mrluudistus.fi/rakentaminen-ja-luvat/>> [Noudettu 27.4.2021].

Ympäristöministeriö b. *Puurakentamisen ohjelma*. Saatavissa: <<https://ym.fi/puurakentaminen>> [Noudettu 9.4.2021].

## KUVALÄHTEET

Kuva 1: Puuinfo 2020 G. *Puun osat*. [kuvituskuva] Saatavissa: <<https://puuinfo.fi/puu-tieto/puun-ominaisuuksia/>> [Noudettu 20.3.2021].

Kuva 2: Sisäilmayhdistys ry. *Ulkoseinien kosteusvauriot*. [valokuva]. Saatavissa: <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kuvasarjat/Ulkoseinien-kosteusvauriot/15>> [Noudettu 26.3.2021].

Kuva 3: Soikkeli, A. [kuvituskuva]. Teoksessa: Soikkeli, A., 1999. *Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys*. Oulu: Oulun yliopisto. s. 102

Kuva 4: Soikkeli, A. [kuvituskuva]. Teoksessa: Soikkeli, A., 1999. *Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys*. Oulu: Oulun yliopisto. s. 102

Kuva 5: Soikkeli, A. [kuvituskuva]. Teoksessa: Soikkeli, A., 1999. *Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys*. Oulu: Oulun yliopisto. s. 104

Kuva 6: Yrjö Suonto ja Jussi Vepsäläinen, 2004. *Vaakaverhous, jiirinurkka ja avoräystäs*. [valokuva]. RT 82-10829 2004. *Puujulkisivut*. Helsinki: Rakennustieto-säätiö. s. 16

Kuva 7: Tova Finel